HAMFU
HISTORY

KRIEG IM AETHER

Vorlesungen an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
im Wintersemester 1974/1975
Leitung: Abteilung für Übermittlungstruppen, Divisionär A. Guisolan

Forschungs- und Entwicklungsrichtungen im Lichte der Energiekrise

Referent: Prof. Dr. Ambros P. Speiser

Diese Vorlesung wurde durch die Stiftung HAMFU digitalisiert und als
PDF Dokument für www.hamfu.ch aufbereitet.

Forschungs- und Entwicklungsrichtungen im Lichte der Energiekrise

Prof. Dr. Ambros P. Speiser

1. Energie ist nicht eine naturwissenschaftliche Disziplin so wie etwa die Thermodynamik oder die Festkörperphysik; Energie ist ein ausgesprochen interdisziplinärer Begriff, der nicht nur die Physik und die Chemie betrifft, sondern auch die Geologie, die Meteorologie, die Biologie, sowie weitere Zweige der Natur- und Sozialwissenschaften. Um dieses Gebiet zu behandeln, muss man sich in die Breite ausdehnen, nicht in die Tiefe gehen.

2. Wie wollen wir Energie messen? Der Physiker misst Energie in erg und Joule; andere Grössen braucht er nicht. Der Energiepraktiker hingegen verwendet weitere Grössen: Kilowattstunden, Terakalorien, Tonnen Kohle, Barrel Oel und dergleichen. Das Wort "Energie" wird aber auch für das verwendet, was der Physiker Leistung nennt. Kilowatt, Tonnen Kohle pro Jahr und dergleichen sind Leistungen, nicht Energiemengen. Im folgenden wollen wir die Leistungen in Kilowatt ausdrücken ohne Rücksicht darauf, ob es sich um Elektrizität oder andere Energieformen handelt.

3. Wer über die Energiekrise nachdenkt, muss nicht nur den ersten, sondern auch den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kennen. Mit anderen Worten: Wenn von Wärme die Rede ist, so sind nicht nur die Wärmemengen anzugeben, sondern auch die Temperaturen, bei denen diese Wärmemengen benötigt werden. Eine Kalorie bei 1000 Grad ist unvergleichlich wertvoller als eine Kalorie bei 70 Grad, obwohl es sich um die genau gleiche Wärmemenge handelt.

4. Die Energiekrise bedingt Massnahmen auf der Seite der Quellen und der Verbraucher. Zunächst soll der Ist-Zustand, das heisst die Zahlen aus dem Jahr 1973 der Quellen aufgezeigt werden. Die Elektrizität figuriert nicht auf dieser Aufstellung, sie ist ein sekundärer Energieträger, der aus den primären Quellen hergestellt werden muss (Fig 1).

98% der Energie kommt von den 4 grossen primären Energiequellen

	EG 1973 %	Schweiz 1973 %
Öl	61.5	80
Erdgas	12	1
Kohle	23	2
Kernbrennstoff	1.5	3
	98	

die restlichen 2% von

Wasserkraft	12
Holz	1.4
.....	
Sonne	
Wind	
Gezeiten	
Erdwärme	
Meereswärme	
.....	

Fig 1 Energiequellen

5. Was den Energieverbrauch betrifft, so bestehen grosse Unterschiede zwischen den Ländern (Fig 2). Die USA brauchen heute pro Kopf der Bevölkerung rund dreimal soviel Energie wie die Schweiz (und auch wie Westeuropa). Die Struktur der Verbraucher zeigt (Fig 3), dass rund die Hälfte des Gesamtverbrauchs auf Privathaushalte, Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen und öffentliche Betriebe entfällt und je rund ein Viertel auf Industrie und Verkehr. Fast die Hälfte des Energieverbrauchs in unserem Land wird durch Raumheizung und Warmwasseraufbereitung beansprucht.

USA	9 kW	
Westeuropa, Schweiz	3 kW	
Typisches Entwicklungsland	0.5 kW	
Nahrungsaufnahme	120 W	(2400 kcal/ Tag)

Fig 2 Energieverbrauch pro Kopf (alle Energieformen zusammen)

48 %	Privathaushalte, Gewerbe, Landwirtschaft, Dienstleistungen, öffentliche Betriebe		
27 %	Industrie		
25 %	Transport und Verkehr	18 %	Auto
100 %		6 %	Flugzeuge
		1 %	Bahnen

40 %	Raumheizung	Winter 53 %
7 %	Warmwasserbereitung	
25 %	Transport und Verkehr	
0.5 %	Beleuchtung (privat und öffentlich)	
27.5 %	Übriges	
100 %		

Fig 3 Verbraucherstrukturen Schweiz 1973

6. Ein grosser Anteil des Gesamtenergieverbrauchs erfolgt in Form von Wärme. Es wäre wichtig zu wissen, bei welchen Temperaturen diese Wärmemengen gebraucht werden. Fig 4 zeigt eine Abschätzung für Deutschland. Eine Anpassung von Quellen an Verbraucher würde eine bessere Energieverwertung ergeben.

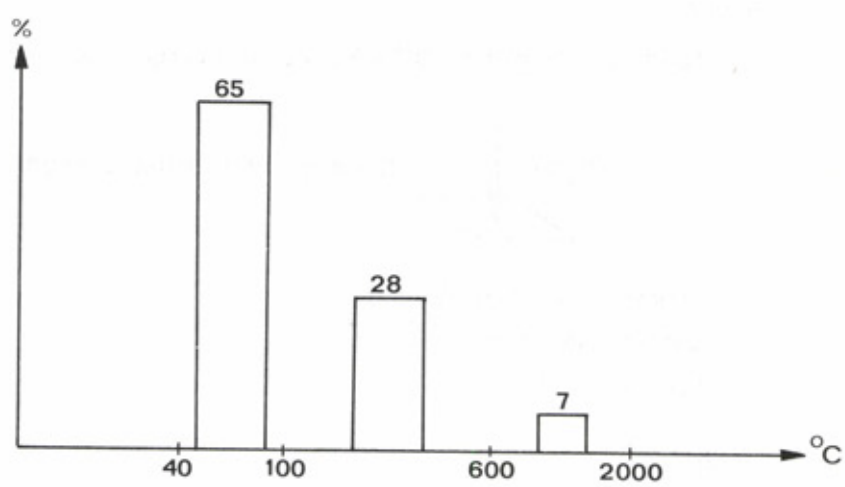


Fig 4 Wärmeverbrauch (Schätzung für Deutschland)

7. Vor diesem Hintergrund hat sich die Energiekrise abgespielt, die 1973 mit dem "Tag von Kuwait" begonnen hat. Damit ist die Periode des verschwenderischen Einsatzes von Energie durch die Menschen, die 208 Jahre gedauert hatte, zu Ende gegangen.

1765 Dampfmaschine

1950 Transistor, Computer etc.

Starker Fortschrittsglaube

1969 Mondlandung

Plötzliches Umweltbewusstsein
MIT - Bericht "Grenzen des Wachstums"

1973 Tag von Kuwait
Ende der billigen Energie nach 208 Jahren

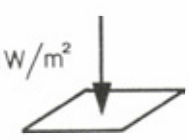
Energiebewusstsein

Fig 5 Energiekrise in historischer Sicht

8. Die Energiekrise zwingt uns zu konsequentem Handeln. Massnahmen können auf der Quellenseite und auf der Verbraucherseite ergriffen werden. Auf der Quellenseite ist zunächst zu prüfen, ob ausserhalb der vier grossen Primärquellen (Erdöl, Erdgas, Kohle, Kernbrennstoff) noch weitere Quellen erschlossen werden können (Fig 6). Die Sonnenenergie liefert in Mitteleuropa im Jahresmittel rund 120 Watt pro m^2. Eine Verwandlung in Elektrizität mittels Sonnenzellen fällt wegen der hohen Kosten und des grossen Platzbedarfes nicht in Betracht. Mittels Sonnenkollektoren kann jedoch die Sonnenstrahlung eingefangen werden, um warmes Wasser zu erzeugen. Je niedriger die gewünschte Wassertemperatur, desto besser wird der Wirkungsgrad eines solchen Kollektors; er kann bis 85% gehen. Es wäre möglich, mittels eines Sonnenkollektors auf den Dächern von Ein- und Zweifamilienhäusern den Bedarf an Warmwasser im Sommerhalbjahr zu decken. Die Einsparung an den gesamten Energiekosten der betreffenden Haushalte wäre freilich eher bescheiden.

Sonne

Totale Einstrahlung: 10^4 x künstliche Energieerzeugung



120 W/m^2 Jahresmittel Europa

Sonnenzellen: 10% Wirkungsgrad

Sonnenkollektoren

Speicherung !

Wind

100 W/m^2 Propeller-Kreisfläche bei mittlerem Wind

Speicherung !

Erdwärme

Gezeiten

Meereswärme

Fig 6 Sanfte Technologien

Die Windenergie kann mittels Windrädern nutzbar gemacht werden. Bei mittlerer Windstärke entstehen etwa 100 Watt pro m^2 der vom Propeller überstrichenen Kreisfläche. Eine Nutzbarmachung im grösseren Stil ist mit Rücksicht auf die hohen Kosten und die unregelmässige Energieerzeugung nicht denkbar. Nur in abgelegenen Gegenden können Windräder gelegentlich Verwendung finden

Die Erdwärme wird schon heute an vereinzelten Stellen nutzbar gemacht. Die Erdwärmevorkommen in der Schweiz sind nicht erforscht; die Erstellung eines Katasters wäre ein dringendes Anliegen. Es ist nicht auszuschliessen, dass die Erdwärme einen - freilich sehr bescheidenen - Beitrag an den Energiehaushalt unseres Landes leisten könnte.

Die "sanften Technologien" sind deshalb sanft, weil ihre Energiedichte (das heisst die erzeugte Energie pro m^2) gering ist. Pro erzeugte Kilowattstunde sind aber ihre lästigen Auswirkungen nicht kleiner, sondern im Gegenteil grösser als jene der konventionellen Energieformen.

Es würde grosse Opfer kosten, den Anteil der "übrigen Energiequellen", der heute weltweit 2% beträgt, auch nur auf 3 oder 4% zu erhöhen. Die Opfer würden in finanziellen Belastungen und in erheblichen Beeinträchtigungen der Umwelt bestehen. Es ist mehr als fraglich, ob die Menschen zu diesem Opfer bereit sind.

Die Kernfusion könnte sehr wohl die Energiequelle der Zukunft sein, und es besteht weltweit eine intensive Forschungstätigkeit. Vor dem Jahr 2000 ist aber ein wirtschaftlicher Einsatz nicht denkbar. Im übrigen ist zu beachten, dass die meisten Nachteile, die den heutigen Kernkraftwerken anhaften (radioaktive Abfälle, Strahlengefahr, Kühltürme) durch Fusionskraftwerke nicht beseitigt werden.

9. Es bleiben als Konsequenzen aus der Energiekrise die drei Punkte:

(1) Zuwachsraten des Gesamt-Energieverbrauches (~ 4% p.J.) abgeschwächt

(2) Zuwachsraten des Elektrizitätsverbrauches (~ 5 - 7% p.J.) wenig verändert

(3) Verlagerung

10. Eine wichtige Kategorie von Massnahmen auf der Quellenseite besteht in der Erforschung neuer Arten, elektrische Energie zu speichern. Der Energieverbrauch erfolgt sehr unregelmässig (Fig 7), während die Erzeugung möglichst gleichmässig erfolgen sollte. Für die Energiespeicherung kommen in Betracht: Hydraulische Pumpspeicher, pneumatische Pumpspeicher, Schwungradspeicher, Batterien, Wasserstoff als Energieträger. Die Pumpspeicher befinden sich heute im Ausbau. Es handelt sich zur Zeit um die einzige Art, Energie in grösserem Mass zu speichern.

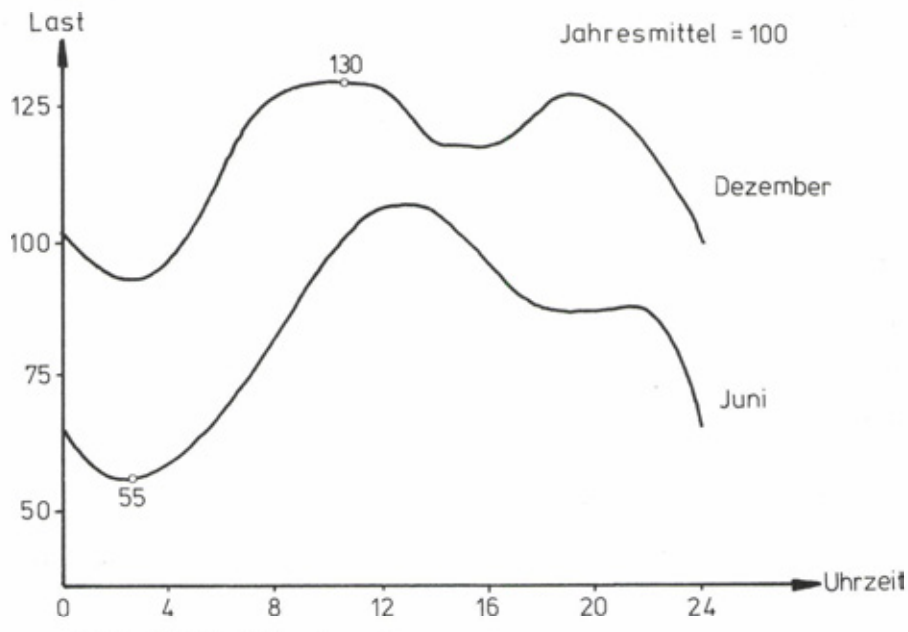


Fig 7 Elektrizitätsverbrauch

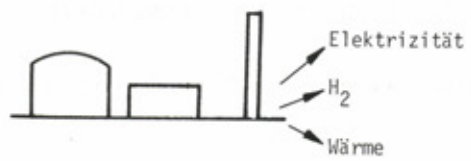
11. Die wirksamste Massnahme zu einem verbesserten Energiehaushalt wäre die Verwendung der Abwärme zur Raumheizung (Konzept der fernbeheizten Schweiz). Dadurch könnte ein Teil der Abwärme aus thermischen Kraftwerken nutzbar gemacht werden, was zum Energiehaushalt einen Beitrag in der Grössenordnung von etlichen Prozent leisten könnte.

12. Der Wasserstoff ist ein Energieträger, ähnlich wie die Elektrizität, und nicht eine neue Energiequelle. Die konsequent durchgeführte Wasserstoffwirtschaft würde bedeuten, dass in einem integrierten System die Kraftwerke gleichzeitig Elektrizität, Wasserstoff und Wärme erzeugen würden, und dass alle drei Energieformen jedem Verbraucher zur Verfügung stehen.

Wasserstoff

Erzeugung
Speicherung
Transport
Verwertung

Integriertes Energiesystem



	Thermodynamisches Potential:
Elektrizität	hoch
H_2	mittel
Wärme	niedrig

Mit der Realisierung könnte sofort begonnen werden. Die technischen Voraussetzungen sind vorhanden.

Wasserstoff - Wirtschaft

Folgendes wäre - vom technischen Standpunkt gesehen - sofort realisierbar:

Erzeugung:	Aus Nachtstrom
mittels	Elektrolyse
Speicherung:	Als Gas
Verwertung:	- Im Hütten-und Giessereiwesen statt Oel
	- Zum Erdgas beimischen ($\leq 8\%$)
	- Spitzenkraftwerke mit Gasturbinen

13. Als Konsequenz ergibt sich eine Liste von Forschungsrichtungen, die gefördert werden sollten. Die Energiekrise hat bewirkt, dass die Energie als Forschungsgebiet aufgewertet worden ist, was dringend nötig war, da sie bisher auf der Stufenleiter des wissenschaftlichen Prestiges einen niederen Rang hatte.

Die Prioritäten sind aber in den verschiedenen Ländern sehr verschieden gesetzt. Beispiele: USA: grosses Gewicht auf Kohle; Frankreich: Kernkraftwerke und Wasserstoff.

Forschungsrichtungen

- Elektrizität
  - Turbinen und Generatoren
    - Strömungsforschung
    - Thermodynamik
    - Materialforschung
    - Supraleitung
  - Netzführung und Netzschutz
  - Batterien zur Speicherung
- Wasserstoff
  - Erzeugung
  - Speicherung
  - Systemfragen
- Sonnenkollektor
- Wärmequellen
  - Hochtemperatur-Reaktor
  - Brüter-Reaktor — Materialforschung
- Kernfusion

14. Die Frage ist berechtigt, ob weiteres Wachstum des Energieverbrauchs überhaupt nötig ist. Unverändert extrapolierter Zuwachs wird sicher nicht eintreten. Wir befinden uns in einer Phase der Abflachung (Fig 8). Der Zwang, das Erdöl zu substituieren, führt aber notwendigerweise zu einem vermehrten Einsatz von Kernbrennstoff. Von allen Energiequellen, die uns die Natur zur Verfügung stellt, ist der Kernbrennstoff die einzige, die noch wesentlich vermehrt werden kann. Das bedeutet gleichzeitig eine Verlagerung auf die Elektrizität als Energieträger.

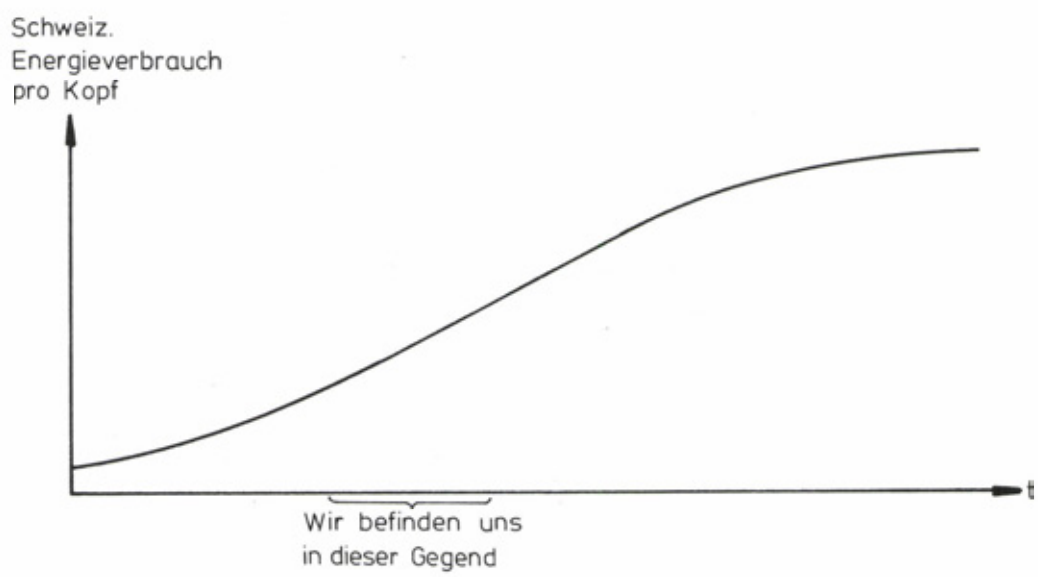


Fig 8 Energieverbrauch pro Kopf

Für die Schweiz rechnen wir bis zum Jahr 2000 ungefähr mit einer Verdoppelung des gesamten Energieverbrauches. Das ist ein stark abgeschwächtes Wachstum. Ein Nullwachstum der Wirtschaft und der Energie wäre hingegen nicht realistisch. Die Forderungen, die der Einzelne heute an die Gemeinschaft stellt, sind so gross, dass sie zumindest teilweise erfüllt werden müssen, wenn nicht unerträgliche soziale Spannungen in Kauf genommen werden sollen.